

## Intellectual Property Network

Patent Playbook



### P9115977A2: METHOD AND APPARATUS FOR EVALUATING SEMICONDUCTOR SUBSTRATE

[View Images \(1 pages\)](#) [View INPADOC only](#)

JP Japan

NAGATA TAKESHI

NEC CORP

[News, Profiles, Stocks and More about this company](#)

May 2, 1997 / Oct. 24, 1995

JP1995080275643

H01L 21/66; H01L 21/306

**Problem to be solved:** To provide a method and an apparatus which can obtain high accuracy and resolution and a profile of FPD density in the direction of etching depth.

**Solution:** A semiconductor wafer W is held on a vacuum chuck 5 in a chamber 1, and is immersed in etchant L. The semiconductor wafer W is at a specified rotational angle within 360°, and further etched. Thereafter, the semiconductor wafer W is taken out of the etchant L, and is cleaned and dried. Subsequently, the traces 10 of air bubbles formed on the surface of the semiconductor wafer W are observed, and the depth at which crystal defect is present is thereby identified according to the direction of the traces 10 of air bubbles.

COPYRIGHT: (C)1997 JPO

DERABS C87-304336 DERC97-304336

(No patents reference this one)

Powered by **DB2**  
and **NetData**

Alternative  
Searches

[Patent Number](#)

[Boolean Text](#)

[Advanced Text](#)

Browse

[U.S. Class  
by title](#)

[U.S. Class  
by number](#)

**TDB**  
IBM Technical  
Disclosure Bulletin

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-115977

(43) 公開日 平成9年(1997)5月2日

(51) Int. Cl. <sup>4</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L	21/66		H 0 1 L 21/66	N
	21/306		21/306	U

審査請求 有 請求項の数 3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平7-275643

(22) 出願日 平成7年(1995)10月24日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 永田 豪

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

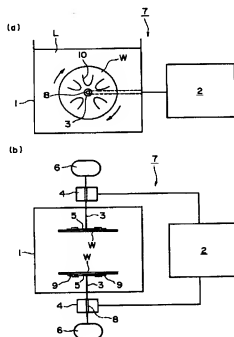
(74) 代理人 弁理士 志賀 正武

(54) 【発明の名称】 半導体基板の評価方法および評価装置

(57) 【要約】

【課題】 精度および分解能の高いF P D密度のエッチング深さ方向プロファイルが得られる方法および装置を提供する。

【解決手段】 容器1内の真空チャック5に半導体ウェーハWを固定し、これをエッチング液L中に浸漬させ、半導体ウェーハWを一定の角速度で360°以内で回転させながら、エッチングを行なう。その後、半導体ウェーハWをエッチング液Lから取り出し、洗浄、乾燥後、半導体ウェーハWの表面に形成された気泡の軌跡10を観察することにより、気泡の軌跡10の方向に基づいて結晶欠陥の存在する深さを識別する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 選択エッチング中に半導体基板の表面に気泡の軌跡を形成する結晶欠陥のエッチング深さ方向の密度分布を検出する方法であって、

選択エッチング液中に半導体基板を立てた状態で浸漬させ、該半導体基板の任意の法線方向を回転軸として一定の角速度かつ360°以内で該半導体基板を回転させた後、該半導体基板を前記選択エッチング液から取り出し、前記半導体基板の表面に形成された気泡の軌跡を観察することにより、該気泡の軌跡の方向に基づいて結晶欠陥の存在する深さを識別することを特徴とする半導体基板の評価方法。

【請求項2】 請求項1に記載の半導体基板の評価方法において、

前記角速度の値と前記気泡の軌跡の方向からその気泡の軌跡が形成された時点のエッチング液の種類を求め、使用する半導体基板と選択エッチング液の種類で決まるエッチング速度と前記求めたエッチング時間から前記結晶欠陥の存在する深さを識別することを特徴とする半導体基板における結晶欠陥検出方法。

【請求項3】 選択エッチング中に半導体基板の表面に気泡の軌跡を形成する結晶欠陥のエッチング深さ方向の密度分布を検出するために用いる装置であって、選択エッチング液を収容し得るとともにその液中に半導体基板を浸漬させる容器と、該容器内に設置され前記半導体基板を立てた状態で保持する基板保持手段と、前記半導体基板を前記基板保持手段に保持させた状態で回転させる基板回転手段と、該基板回転手段による半導体基板の回転時の角速度を制御する制御手段、を備えたことを特徴とする半導体基板の評価装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体基板における結晶欠陥、特にフローパターン欠陥のエッチング深さ方向の密度分布を検出するために用いる半導体基板の評価方法および評価装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】半導体基板における結晶欠陥の検出は、その半導体基板の品質を評価する上で重要な技術となっている。結晶欠陥の一つとして、クロム系化合物と弗酸と水の混合液による選択エッチング、例えばセコエッチング(Secco Etching)のように、エッチング液中にSi結晶を立てた状態で浸漬させた際に結晶欠陥から水素等の気体が発生し、その気体が結晶表面に沿って鉛直方向上方に流れる際にエッチングむらが生じ、気泡の軌跡が結晶表面にさざ波模様を形成するようなSi結晶欠陥、いわゆるフローパターン欠陥(Flow Pattern Defect, 以下、FPDと記す)がある。

【0003】特開平4-192345号公報に記載の「シリコン単結晶の電気特性検査方法」によれば、FPD

D密度の検出を行なうことによりSi結晶の電気的特性である酸化膜耐性の評価と同等の評価が可能であるとされている。また、文献(“Recognition of D defects in silicon single crystals by preferential etching and effect on gate oxide integrity”: H.Yamaqishi, I.Fusegawa, N.Fujimaki and M.Katayama: Semicond. Sci. Technol. 7(1992)A135-A140)によれば、Si結晶のエッチング深さ60μmでのFPD密度の検出は、室温のエッチングで行ない、結晶表面(エッチング深さ0μm)からエッチング深さ60μmまでの範囲の全てのFPDの累積数を検出しており、そのエッチング深さ方向の密度分布までは検出されていない。

【0004】例えば、FPDのエッチング深さ方向の密度分布を得るためには次のような操作を行えばよい。まず、評価したい半導体ウェーハの表面と選択エッチング液面が垂直になるように半導体ウェーハを選択エッチング液中に立てて浸漬し、任意時間エッチングを行なう。その後、半導体ウェーハを取り出して乾燥させ、半導体ウェーハ表面の気泡の軌跡1つを1つのFPDが選択エッチングされた結果とみなし、FPDの計数を顕微鏡観察等の目視により行なう。この際、FPDが選択エッチング中に発生する気泡の軌跡の方向によってエッチング中の鉛直方向を知ることができる。

【0005】次に、最初のエッチング時とは異なる任意の方向が鉛直方向となるように半導体ウェーハの方向を変えて浸漬させ、前述と同様の操作を繰り返し行なう。エッチング深さはエッチング時間に比例するため、エッチング液に対する試料のエッチング速度が予め分かていれば、エッチング時間からFPDの出現時のエッチング深さの範囲が分かる。

【0006】また、FPDから発生する気体は全てエッチング液中では重力と逆方向に進むため、各回のエッチング時に発生する気泡の軌跡の方向は各回毎に異なり、気泡の軌跡の方向からFPD出現時間に対応するエッチング深さの範囲が分かる。この方法により、FPDのような、結晶を浸漬した際に結晶欠陥から気体が発生し、その気体によって結晶表面に気泡の軌跡を形成するタイプの結晶欠陥のエッチング深さ方向プロファイルを得ることができる。

【0007】ところで、上記の方法によりFPDの深さ方向プロファイルを検出する場合、エッチング液から半導体ウェーハを取り出してFPDを計数する際に、完全なクリーン度を持つクリーンルーム内で作業を行わなければならない。半導体ウェーハ表面にゴミが付着し、次のエッチング後のFPDの計数に支障を来す。

【0008】ここで、FPD計数に対するゴミの影響を図4を用いて説明する。試料として、室温においてp型Siウェーハ(100)表面で初期酸素濃度が $1.4 \times 10^{11}$  atoms/cc (ASTM-121)のCZウェーハ(Czochralski法によるウェーハ)とエビ結晶の双方を用い、これら

に水洗のみを行なった後、セコエッチングを5分間行なったサンプルと、水洗後さらにAPM（アンモニア過水）洗浄を10分間行ない、その後、セコエッチングを5分間行なったサンプルをそれぞれ作成した。

【0009】図4は、これら4種のサンプルについて総FPD数に対する200μm以下のフローの大きさを持つFPDの割合を示すグラフである。なお、APM洗浄液としては、 $\text{NH}_4\text{OH} : \text{H}_2\text{O} : \text{H}_2\text{O}_2$ の体積比が1:1:5のものを用いた。そして、横軸には試料と洗浄の種類、縦軸にはFPD密度の総FPD数に対する200μm以下のフローの大きさを持つFPDの割合をとった。

【0010】APM洗浄によってウェーハ表面のゴミやパーティクルが除去されることはよく知られており、図4の結果から、APM洗浄を行なうと総FPD数に対する200μm以下のフローの大きさを持つFPDの割合が減少することが分かった。すなわち、図4の結果より、200μm以下のフローの大きさを持つFPDの発生にはウェーハ表面へのゴミ付着による影響が大きく、正確なFPDの計数はできないと考えられる。つまり、今まで正確なFPDのエッチング深さ方向プロファイルが測定されていないのは、ゴミやパーティクルのFPD検出への影響が大きいためである。

【0011】したがって、ゴミやパーティクルによるエッチング時のFPD検出への影響を排除するためには、前述の従来の方を用いる限り、エッチングを繰り返す度に洗浄を施さなければならなかった。また、エッチング深さ方向プロファイルの分解能を向上させるためには、時間を細かく区切ってエッチングを行なう必要があった。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】以上に説明したように、従来の結晶欠陥検出方法では、エッチング液へ半導体ウェーハを複数回出入し入れすることが必要なため、エッチング液からウェーハを取り出した時にゴミやパーティクルがウェーハに付着し、2回目以降のエッチング後の結晶欠陥計測では正確な測定ができなかった。そして、これを避けるためには、エッチングを繰り返す度に洗浄、乾燥を行なわなければならない、極めて手間や時間が掛かる作業となっていた。

【0013】また、従来の方法では、結晶欠陥が存在する深さはエッチング時間に対応するある範囲としてしか把握することができない。そこで、より細かい分解能でFPD密度のエッチング深さ方向プロファイルを得るためには、エッチング時間を細かく区切り、エッチングとFPDの計数作業を何度も繰り返す必要がある。ところが、このようにすると、ゴミ等の付着の機会がますます増えるため、好ましい方法ではない。

【0014】本発明は、上記の課題を解決するためになされたものであって、ゴミ等の影響を低減することにより精度の高いFDP密度が得られ、かつ分解能の高いF

PD密度のエッチング深さ方向プロファイルを得ることのできる半導体基板の評価方法および評価装置を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明の半導体基板の評価方法は、選択エッチング液中に半導体基板を立てた状態で浸漬させ、半導体基板の任意の法線方向を回転軸として一定の角速度かつ360°以内で半導体基板を回転させた後、半導体基板を選択エッチング液から取り出し、半導体基板の表面に形成された気泡の軌跡を観察することにより、気泡の軌跡の方向に基づいて結晶欠陥の存在する深さを識別することと特徴とするものである。

【0016】また、具体的には、角速度の値と気泡の軌跡の方向からその気泡の軌跡が形成された時点のエッチング時間を求め、使用する半導体基板と選択エッチング液の種類で決まるエッチング速度と前記求めたエッチング時間から結晶欠陥の存在する深さを識別することができる。

【0017】また、本発明の半導体基板の評価装置は、選択エッチング液を收容し得るとともにその液中に半導体基板を浸漬せしめ得る容器と、該容器内に設置され前記半導体基板を立てた状態で保持する基板保持手段と、前記半導体基板を前記基板保持手段に保持させた状態で回転させる基板回転手段と、該基板回転手段による半導体基板の回転時の角速度を制御する制御手段、を備えたことを特徴とするものである。

【0018】本発明は、選択エッチング液中で結晶欠陥から発生する気体の流れにより半導体基板表面に気泡の軌跡を形成する結晶欠陥密度のエッチング深さ方向分布を、半導体基板を回転させながらエッチングすることにより検出しようとするものである。すなわち、半導体基板をエッチング中に一定の角速度で回転させる際に、例えば任意のエッチング目的時間までに360°以内で半導体基板が回転するように角速度を設定する。すると、結晶欠陥の出現した深さはエッチング時間にはば比例し、また、エッチング時間は半導体基板の回転角と比例する。したがって、半導体基板の回転角から結晶欠陥の出現した深さが判断できる。

【0019】図3は、結晶欠陥が各エッチング深さで出現し、その時に発生する気体により基板表面に気泡の軌跡が形成された様子を示す図である。半導体基板の回転角は結晶欠陥の出現時の基板表面の気泡の軌跡の方向から分かり、その回転角から結晶欠陥が出現した深さが分かる。すなわち、出現した結晶欠陥の深さD(μm)

$$D = Rt = R\theta / \omega = R\theta' / \omega \quad \cdots \cdots (1)$$

ここで、

R: エッチング速度(μm/秒)

t: エッチング時間(秒)

$\omega$ : エッチング中の半導体基板の角速度 ( $^{\circ}$ /秒)

$\theta$ : 結晶欠陥出現時の半導体基板の回転角度 ( $^{\circ}$ )

$\theta'$ : 基板表面の気泡の軌跡の方向と回転開始時の鉛直方向上方とのなす回転角度 ( $^{\circ}$ )

である。

【0020】したがって、基板表面の気泡の軌跡の方向と回転開始時の鉛直方向上方とのなす角度 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 、 $\theta$ 、毎にその結晶欠陥を顕微鏡観察等により計数すれば、1回のエッチングで結晶欠陥密度のエッチング深さ方向の分布を検出することができ、ゴミの付着はエッチング前に基板表面に存在したものとみなすことができる。また、半導体基板を連続的に回転させて結晶欠陥を検出するため、結晶欠陥密度の深さ方向プロファイルを分解能良く検出することが可能になる。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施の形態を図1および図2を参照して説明する。図1は本実施の形態の結晶欠陥検出装置（評価装置）の構成を示す図であり、図1(a)は装置の側面図、(b)は平面図である。図中符号1は容器、2はコンピュータシステム（制御手段）、3は回転軸（基板回転手段）、4は回転モータ（基板回転手段）、5は真空チャック（基板保持手段）、6は真空チャック用ロータリーポンプ（基板保持手段）、Wは半導体ウェーハ（半導体基板）、Lはエッチング液（選択エッチング液）である。

【0022】本装置7は2枚の半導体ウェーハWを評価できるものであり、容器1の両側面から水平方向に延びる2本の回転軸3、3が設置され、容器1の外側にはこれら回転軸3を回転させるための回転モータ4（本実施の形態ではパルスモータ）がそれぞれ備えられている。そして、回転モータ4には、回転モータ4を駆動させるモータ4の回転速度等、回転状態を制御するためのコンピュータシステム2が接続されている。

【0023】各回転軸3の先端には真空チャック5が、他端には真空チャック用ロータリーポンプ6が取り付けられ、回転軸3の内部には真空チャック用チューブ8が挿通されている。したがって、ロータリーポンプ6の作動により半導体ウェーハWが真空チャック5に吸着、固定されるようになっている。

【0024】次に、上記構成の装置7を用いた結晶欠陥検出方法（評価方法）について説明する。手順としては、まず、容器1内にエッチング液Lを入れる前に半導体ウェーハWを真空チャック5に吸着させ、さらに、半導体ウェーハWと真空チャック5の密着を完全にするために、真空チャック5の外周にあたる箇所をテフロンテープ8でシールする。その後、エッチング液Lを容器1に注ぎ入れ、半導体ウェーハWにエッチング液Lが触れた時点のエッチング開始時間とし、それと同時にコンピュータシステム2により回転モータ4を制御しながら半導体ウェーハWを一定の角速度で回転させる。

【0025】なお、この際、ウェーハの角速度を設定する考え方の一例としては、半導体ウェーハWとエッチング液Lの種類でエッチング速度が決まり、適切なエッチング目的時間を決めると、FPDの深さ方向プロファイルを検出する全体の深さが決まる。そして、前記のエッチング目的時間で総回転角度が $360^{\circ}$ 以上となると気泡の軌跡が重なってしまうため、総回転角度が $360^{\circ}$ 以内となるように一定の角速度を設定すればよい。

【0026】その後、半導体ウェーハWをエッチング液Lから取り出し、水洗、乾燥を行なった後、顕微鏡観察等の手段により半導体ウェーハWの表面に形成された各気泡の軌跡10の方向と数を計測する。このようにすれば、気泡の軌跡10の方向から半導体ウェーハWの回転角が分かり、その回転角と角速度からFPDが出現した時点でのエッチング時間が求められる。さらに、そのエッチング時間と予め分かっているエッチング速度に基づいて各FPDの深さを知ることができる。

【0027】

【実施例】ここで、本発明の結晶欠陥検出方法と従来法との比較実験を行なった。以下、その結果について説明する。本実施例の検出方法では、室温でエッチングを行なうこととし、エッチング液としてセコ液、半導体ウェーハとしてp型Siウェーハの(100)表面で初期酸素濃度が $1.4 \times 10^{11}$  atoms/cc (ASTM-121)のCZウェーハを用いた。また、図1の装置を用いることにより、半導体ウェーハとエッチング液面のなす角度は $90^{\circ}$ （半導体ウェーハが垂直に立った状態）となる。

【0028】また、前述の(1)式中のパラメータのうち、エッチング速度 $R = 0.6 \mu\text{m}/\text{分}$ として算出し、エッチング中の半導体ウェーハの角速度 $\omega = 0.15^{\circ}/\text{秒}$ 、総エッチング時間30分間と設定した。この条件でエッチングを行なうと、半導体ウェーハが回転する総角度は $270^{\circ}$ 、エッチング深さは延べ $18 \mu\text{m}$ に相当することになる。そして、エッチング終了後の半導体ウェーハを水洗、乾燥し、その後、微分干渉顕微鏡を用いて気泡の軌跡を観察し、FPD密度を求めた。

【0029】一方、比較例となる従来の検出方法としては、図1に示す本実施の形態の装置7のうち、容器1でエッチング液L、半導体ウェーハWと、容器1内で半導体ウェーハWを支持する真空チャック5（ロータリーポンプ6）のみを使用し、半導体ウェーハWには実施例で用いたものと同じCZウェーハを使用した。

【0030】そして、半導体ウェーハを1度エッチング液から取り出し、水洗、乾燥した後、微分干渉顕微鏡観察によりFPD密度を求め、その後、半導体ウェーハ表面の法線方向を軸として半導体ウェーハの方向を $90^{\circ}$ 変えて一定時間エッチングするという操作を繰り返した。エッチングは全部で4回行ない、各エッチング時間は5分間、5分間（累計10分間）、10分間（累計20分間）、10分間（累計30分間）とした。これ

は、エッチング深さに換算すると、 $3\mu\text{m}$ 、 $6\mu\text{m}$ 、 $12\mu\text{m}$ 、 $18\mu\text{m}$ に相当する。

【0031】また、FPD密度の表現の仕方としては、1回目のエッチング後に認識した欠陥を $0\sim3\mu\text{m}$ 、2回目のエッチング後に認識した欠陥を $3\sim6\mu\text{m}$ 、3回目のエッチング後に認識した欠陥を $6\sim12\mu\text{m}$ 、4回目のエッチング後に認識した欠陥を $12\sim18\mu\text{m}$ の範囲で出現した欠陥、として示すことにした。

【0032】図2は、上記の実施例の結果と従来例の結果を比較したものである。図2から明らかなように、実施例によるFPD密度が $6\mu\text{m}$ 、 $12\mu\text{m}$ 、 $18\mu\text{m}$ の各エッチング深さで従来例のFPD密度に比べてそれぞれ大きく減少している。これは、従来例の場合、総FPD数に対する $200\mu\text{m}$ 以下のフロー（FPDからの気泡の軌跡）の大きさを持つFPDの割合が多く、その分をFPDとしてカウントしたためである。

【0033】ところが、前述した図4の結果から、 $200\mu\text{m}$ 以下のフローの大きさを持つFPDはウェーハ表面へのゴミ付着による影響が大きいことが実証されている。したがって、本実施例の場合、従来例に比べてFPD密度が小さいのは、ウェーハ表面のゴミ付着による影響が小さいためと考えられ、精度の高いFPD密度が得られることが実証された。

【0034】さらに、従来例の場合、FPDが、区切ったエッチング時間に対応するエッチング深さの範囲内で発生した、としてしか把握できないため、FPDの深さ方向密度プロファイルが図2に示すように階段状プロファイルとなってしまふ。そこで、エッチング時間をより細かく区切ればプロファイルも細かくはなるものの、エッチングの間にゴミが付着する機会も増えるため、FPD密度はますます精度の悪いものとなってしまふ。それに対して、本実施例の場合、FPDの深さ方向密度プロファイルが滑らかな曲線状となり、従来例に比べてFPDの発生状況をより実際に近い状態で把握することができた。

【0035】なお、本発明の技術範囲は上記実施の形態および実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。例えば、本実施の形態の装置において、半導体ウェーハを保持する手段として真空チャックを用いたが、これに代えて、半導体ウェーハを機械的に保持するキャリア等を用いてもよく、その他、装置の具体的な構成については種々の変更を加えることが可能である。また、FPDの検出方法においても、ウェーハの回転速度、エッチング時間等の条件に関しては適宜設定することができ、また、気泡の軌跡の検出に際しても任意の方

法を用いてよい。

【0036】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明の半導体基板の評価方法によれば、半導体基板を一定の角速度で $360^\circ$ 以内で回転させながらエッチングすることにより、基板表面の各気泡の軌跡の方向からエッチング時間、すなわちエッチング深さが求められ、エッチングを1回行なうのみで結晶欠陥密度のエッチング深さ方向の分布が検出できるため、エッチング時間を区切り、エッチング毎に基板の洗浄、乾燥を行なう必要がなく、結晶欠陥の検出作業を簡略化することができる。また、ゴミやパーティクルの基板への付着による欠陥密度計測への影響が低減することで、従来法に比べて精度の高い結晶欠陥密度を得ることができる。また、半導体基板を連続的に回転させて結晶欠陥を検出するため、欠陥密度の深さ方向プロファイルを分解能良く検出することができる。

【0037】また、本発明の半導体基板の評価装置を使用することにより、上記のような優れた利点を持つ結晶欠陥の検出方法を容易に実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態である結晶欠陥検出装置を示す概略構成図である。

【図2】同装置を用いた実施例と従来例による比較実験結果であるFPD密度のエッチング深さ方向プロファイルを示す図である。

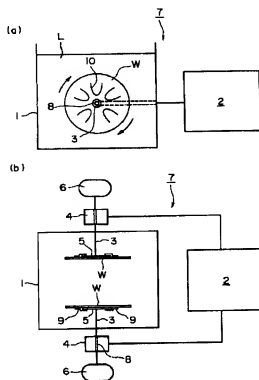
【図3】本発明で対象とする結晶欠陥が出現する様子を示す図である。

【図4】従来の問題点を説明するための図であり、APM洗浄の有無による総FPD数に対する $200\mu\text{m}$ 以下のフローの大きさを持つFPDの割合をCZウェーハ、エビ結晶について示す図である。

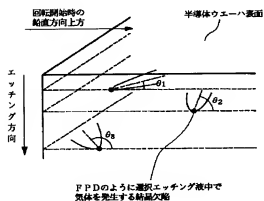
【符号の説明】

- 1 容器
- 2 コンピュータシステム（制御手段）
- 3 回転軸（基板回転手段）
- 4 回転モータ（基板回転手段）
- 5 真空チャック（基板保持手段）
- 6 真空チャック用ロータリーポンプ（基板保持手段）
- 7 結晶欠陥検出装置（評価装置）
- 8 真空チャック用チューブ
- 9 テフロンテープ
- 10 気泡の軌跡
- W 半導体ウェーハ（半導体基板）
- L エッチング液（選択エッチング液）

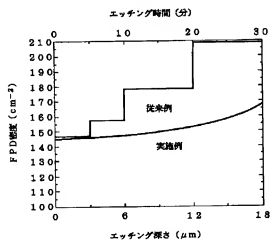
【図1】



【図3】



【図2】



【図4】

